

⑩ 日本国特許庁 (J P)

⑪ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報 (A) 平2-213037

⑬ Int. Cl.<sup>3</sup>

H 01 J 37/06  
37/075

識別記号

庁内整理番号

Z 7013-5C  
7013-5C

⑭ 公開 平成2年(1990)8月24日

審査請求 有 請求項の数 9 (全5頁)

⑮ 発明の名称 電子ビーム測定装置の作動方法

⑯ 特 願 平1-278329

⑰ 出 願 平1(1989)10月25日

優先権主張 ⑱ 1988年11月24日 ⑲ 西ドイツ (DE) ⑳ P 38 39 707.2

㉑ 発 明 者 ハンス ベーター フ ドイツ連邦共和国 8000 ミュンヘン 83 アルノ・アスマン・シュトラッセ 14

㉒ 出 願 人 アイシーティー イン ドイツ連邦共和国 8011 ハイムシュテツテン クラウス  
テグレイテツド サーク  
キツト テスティング  
ゲゼルシャフト フ  
ユーア ハルブライト  
ープリューフテクニク  
ク エムペーハー

㉓ 代 理 人 弁理士 松隈 秀盛

最終頁に続く

明 細 書

発明の名称 電子ビーム測定装置の作動方法  
特許請求の範囲

1. 光子ビーム (LS) によって動作する陰極 (K)、該陰極 (K) より放出される電子を光軸 (OA) の方向に加速する陽極 (A)、対物レンズ (ML) 及び試料 (IC) より放出される2次電子を検出する検出器 (DT) を有する電子ビーム測定装置の作動方法であって、  
上記陰極 (K) を該陰極物質の電子放出仕事関数より低いエネルギーレベルの光子で照射すると共に、外部電界を使用して光電子放射が生じるが電界放射が生じない程度に上記陰極物質の上記仕事関数を減少させることを特徴とする電子ビーム測定装置の作動方法。
2. 光子ビーム (LS) によって動作する陰極 (K)、該陰極 (K) より放出される電子を光軸 (OA) の方向に加速する陽極 (A)、対物レンズ (ML) 及び試料 (IC) より放出される2次電子を検出する検出器 (DT) を有する

電子ビーム測定装置の作動方法であって、

- 上記陰極 (K) を該陰極物質の電子放出仕事関数より低いエネルギーレベルの光子で照射すると共に、光電子放射は生じるが熱放射が生じない程度に上記陰極 (K) を加熱することを特徴とする電子ビーム測定装置の作動方法。
3. 光子の放射源 (LA) はパルスを生じるように動作させることを特徴とする請求項1又は2記載の方法。
4. 光子を光軸 (OA) の方向に放射させることを特徴とする請求項1ないし3のいずれか1項に記載の方法。
5. 光子を鏡 (US) により光軸 (OA) の方向に偏向させることを特徴とする請求項1ないし4のいずれか1項に記載の方法。
6. 磁路を有する鏡 (US) を第1及び第2の引出し電極 (AE1, AE2) の間のビーム通路内に配置することを特徴とする請求項1ないし4のいずれか1項に記載の方法。
7. 上記陰極 (K) は実管を有するものを使用す

JP,02-213037,A

© STANDARD ○ ZOOM-UP ROTATION

No Rotation



REVERSAL

RELOAD

PREVIOUS PAGE

NEXT PAGE

ることを特徴とする請求項1ないし8のいずれか1項に記載の方法。

8. 多極光学系(KO)を用いて対物レンズ(ML)の軸における色収差及び(又は)軸における開口収差を補正することを特徴とする請求項1ないし7のいずれか1項に記載の方法。
9. 多極光学系(KO)は、少なくとも4個の8極又は12極の素子(K1, K2, K3, K4)を使用することを特徴とする請求項8記載の方法。

#### 発明の詳細な説明

##### (産業上の利用分野)

本発明は、電子ビーム測定装置の作動方法に関するものである。

##### (従来の技術)

電子ビーム測定装置は、Appl. Phys. Lett. 51(2), 1987の145~147頁に記載されていて公知である。その装置では、熱LaB<sub>6</sub>電界放射源をレーザビームパルス(パルス幅 $\tau=100\text{ns}$ , 周波数 $f=100\text{MHz}$ )によって動作する光陰極で置き換えている。この装置は、発生される光電子パルスの幅がレーザパルスの幅に等しいので、特に高速磁(ひ)化ガリウム回路のストロブ測定に適している。しかし、光電子パルスが発生する装置は高価である。レーザ光( $\lambda=1064\text{nm}$ )の周波数は、陰極として働く金の膜(電子放出の仕事関数 $W=4.5\text{eV}$ )から光電子を放出させるため2倍にしなければならない。

走査電子顕微鏡は、J. Phys. E. Sci. Instrum. 20(1987)の1491~1493頁に記載されていて公知である。この装置では、タングステン陰極をレーザビームパルスにより融点以上の温度まで2~3ナノ秒間加熱し、この刺激によって電子を熱放射させている。この装置においても、ヤグレーザ(Nd-YAG laser)で発生される1次放射光の周波数を2倍にする必要がある。しかも、レーザのエネルギーレベルが高い場合、別の電子パルスが発生するので、これを偏向装置によりあるい分けなければならない。

走査電子顕微鏡は、J. Phys. E. Sci. Instrum. 20(1987)の1491~1493頁に記載されていて公知である。この装置では、タングステン陰極をレーザビームパルスにより融点以上の温度まで2~3ナノ秒間加熱し、この刺激によって電子を熱放射させている。この装置においても、ヤグレーザ(Nd-YAG laser)で発生される1次放射光の周波数を2倍にする必要がある。しかも、レーザのエネルギーレベルが高い場合、別の電子パルスが発生するので、これを偏向装置によりあるい分けなければならない。

また、陰極物質の蒸発率が高いので、陰極の動作寿命が限られている。

##### (発明が解決しようとする課題)

本発明の課題(目的)は、1次レーザ光の周波数を2倍にすることなく光電子パルスが発生しうる電子ビーム測定装置の作動方法を提供することである。更に、1次放射電流を著しく増大させることも含まれる。

##### (課題を解決するための手段)

この課題は、請求項1及び2に記載した本発明の方法によって解決される。すなわち、電子ビーム測定装置の陰極をエネルギー $E_{ph}$ が $E_{ph} < W$ ( $W$ は陰極物質の電子放出仕事関数である。)の光子で照射し、外電電界によりその仕事関数を光電子放射は生じるが電界放射は生じない程度に減少させるのである。

本発明の1次放射電流を増大させるための有利な具体例は、従属請求項に示した。

##### (作用)

上述の方法によれば、普通のレーザ源を用いて光電子パルスが発生させることが可能となる。

##### (実施例)

以下、図面により本発明の有利な具体例について説明する。

第1図は本発明を用いる電子ビーム測定装置を示す図、第2及び第3図はその電子銃の例を示す図である。第1図に概略を示す電子ビーム測定装置は、電界放射陰極K、引出し電極A及び陽極Aより成る電子ビーム発生部(電子銃)と、ヤグレーザであるレーザ源Lと、パルス( $\lambda=1064\text{nm}$ , 繰返し周波数 $f=100\text{MHz}$ )の形で放射されるレーザ光LSの焦点を陰極の先端に合せる光学系Lと、集光レンズKLと、少なくとも4個の8極又は12極素子K1~K4より成る補正部KOと、集光レンズKLによって作られる光電子銃の中間像を真空中に設置した試料Cの上に暗視野で再生する対物レンズMLとを有する。対物レンズM

Lは、光電子及び測定点で放出される2次電子の両方をそれぞれ光軸OA上の1点に集束させるもので、焦点距離が短い凹レンズOと、偏向部ASと、測定点のポテンシャルを決めるための2次電子分光計SPとより成る。真電極の電界で加速される2次電子の焦点は、対物レンズ本体の上に配置された上記分光計の部分において、ほぼ半球形の2つの電極間に形成された球面状に对称の対向電界の中心にある。上記分光計の電界により形成される最小限界エネルギーレベル以上のエネルギーをもつ2次電子は、光軸OAに對し対称に配置された2つの検出器DTに検出される。

レーザ光の光子エネルギー $E_{ph} = 1.17\text{eV}$  ( $\lambda = 1064\text{nm}$ )はラングステーン陰極K(尖端の直径 $r = 0.1 \sim 0.5\text{ }\mu\text{m}$ 、仕事関数 $W = 4.5\text{eV}$ )から電子を放出させるのに十分でないので、本発明においては、金属と真空の境界面におけるポテンシャル障壁すなわち仕事関数を外部電界によって次の条件が満たされるまで減少させる。

$$W_{eff} \leq E_{ph}$$

することも可能である。

第2図に示す電子銃では、レーザ光LSは、レンズLと平型又は放物面鏡USとにより陰極尖端に焦点を合せている。放物面鏡USは、光電子が逃げる隙隙(孔)を明け、同一電位 $U_{ex}$ にある2つの引出し電極AE1及びAE2の間に配置する。この電子銃は、光電子の大部分が電子ビーム測定装置の光軸OAの方向に放射される点で、第1図のものより優れている。

第3図に示す電子銃では、陰極Kを加熱電流 $i$ により光電子放射は起こるが熱放射は起こらない「加熱下の光電子放射」が行われる温度にしている。したがって、加熱電流 $i$ は、陰極温度が熱放射の限界値である約2000Kを超えないようにする。また、光電子放射を引出し電極AEによる電界で補助してもよい。勿論、レーザ光LSを第2図に示した光学系L及びUSにより陰極尖端上に集束することも可能である。

陰極Kから放射される1次電流を増加させるため、電子ビーム測定装置に少なくとも4個の8極

ただし、 $W_{eff}$  = 外部電界の中での仕事関数

$E_{ph}$  = 光エネルギー

外部電界は、陰極Kと反対に正に帯電された引出し電極AEによって形成する。そのポテンシャル(仕事関数)は、光電子放射は起こるが電界放射が起こらない「電界下の光電子放射」が行われるように予め決定する。したがって、陰極の尖端付近の電界の強さは、約 $10^6 \sim 10^7\text{V/cm}$ の限界値を超えないようにする。引出しポテンシャルは、光子のエネルギーすなわち使用するレーザLSの波長、電子銃内の幾何学的条件(陰極K尖端の半径、陰極K及び引出し電極AE間の距離)とによって決まる。接地電位にある試料ICをエネルギー $E_{ex} = 1\text{keV}$ の電子で照射するには、例えば、陰極Kに電位 $U_c = -1\text{kV}$ を、引出し電極AEに電位 $U_{ex} = 0.5 \sim 6\text{kV}$ を、陽極Aに電位 $U_a = 0\text{kV}$ を加えればよい。勿論、はじめに光電子を例えば $E_{ph} = 10\text{keV}$  ( $U_c = 9\text{kV}$ )の高いエネルギーレベルに加速し、それから電子銃の下で付加電極又は放電光を得により遅らせて、最終的に所望のエネルギーレベルと

又は12極素子K1~K4より成る補正部KOを設ける。この多極光学系は、Optik 34, Vol.3(1971)の285~311頁並びにProceedings of the 9th International Congress on Electron Microscopy, Toronto 1978, Vol.3の196~198頁に記載されている公知であり、対物レンズの軸における色収差(axial colour error)及び(又は)軸における開口収差(axial aperture error)の補正に用いられる。これを用いると、同じ解像度で開口 $\alpha$ を相対大きくすることができる。1次電流 $i_{ex}$ は対物レンズの開口 $\alpha$ の2乗に比例し、補正部KOの使用により該開口 $\alpha$ をほぼ10倍に増加しうるので、1次電流 $i_{ex}$ は式 $i_{ex} \propto \alpha^2$ に従って100倍に増加することになる。

直接対物レンズの上に置く可とする補正部KOの1つの多極素子Ki( $i = 1 \sim 4$ )の概略を第4図に示す。この多極素子は、陽極Aの電位 $U_a$ にある8個の内極片P1を有し、円筒形の絶縁体ISにより接地電位にある同数の外極片PAと隔離されている。外極片PAには、それぞれ励磁コ

イルSが巻かれている。各素子 $K_i$ に4極及び8極の電界が生じ、対物レンズの開口誤差を補正する。色収差の補正は、補正部KQの中央の2つの多極素子 $K_2$ 及び $K_3$ の内極片P1に対応する電位を付加し、4極の電界を形成して行う。

対物レンズの軸における開口及び色の収差を補正するには、4個の8極又は12極の素子 $K_i$ で十分であるが、更に5個の多極素子を使用すれば、その他のレンズ軸誤差を減少させることができる。第3オーダーの開口誤差を補正すると、補正部KQと対物レンズMLの距離と共に増加する第5オーダーの開口誤差によって解像度が制限される。この影響はまた、12極の素子を使用することにより、低いオーダーの補正を制限することなく大幅に減少させることができる。

本発明が上述の具体例に限定されるものではないことは、いうまでもない。

【発明の効果】

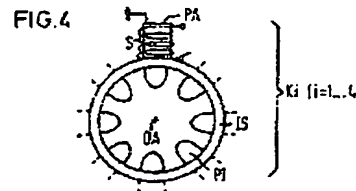
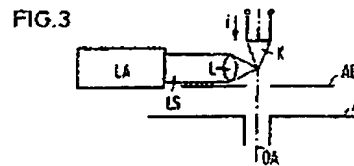
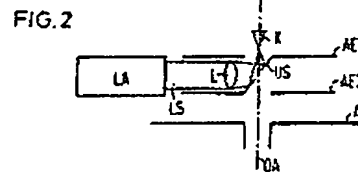
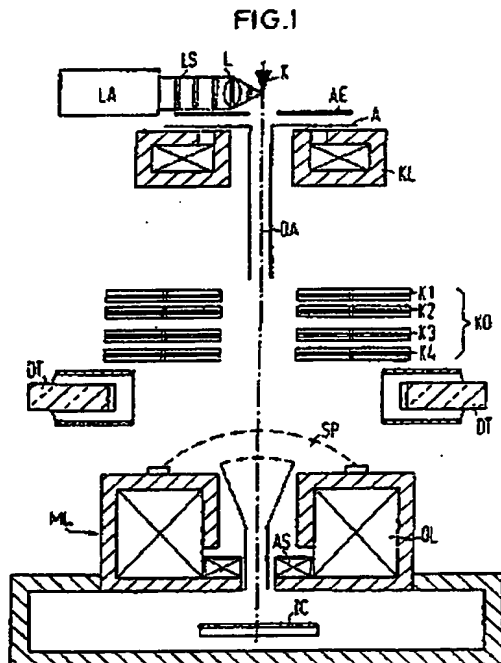
本発明の作動方法によれば、電子ビーム測定装

置において、1次レーザ光の周波数を2倍にすることなく光電子パルスを生じさせることができる。また、請求項2の発明によれば、陰極から放射される1次電流を著しく増加させることができる。図面の簡単な説明

第1図は本発明を用いる電子ビーム測定装置を示す図、第2及び第3図はその電子銃の例を示す図、第4図は対物レンズの開口誤差及び(又は)色収差を補正するための多極光素子の1素子を示す図である。

なお、図面の符号については、特許請求の範囲において対応する構成要素に付記して示したので、重複記述を省略する。

代理人 松隈秀盛



JP,02-213037,A

© STANDARD ○ ZOOM-UP ROTATION

No Rotation



REVERSAL

RELOAD

PREVIOUS PAGE

NEXT PAGE

特開平2-213037(5)

第1頁の続き

④発明者

ユルゲン フロジーン

ドイツ連邦共和国 8012 オフトブルン アン デル オ  
フトゾイレ 18

JP,02-213037,A

◎ STANDARD ○ ZOOM-UP ROTATION

No Rotation

☐ REVERSAL

RELOAD

PREVIOUS PAGE

NEXT PAGE